

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-6229

(43) 公開日 平成7年(1995)1月10日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 7/00				
G 0 1 B 11/24		K 9108-2F		
G 0 6 F 17/50				
		9287-5L	G 0 6 F 15/ 62	4 1 5
		7623-5L	15/ 60	4 0 0 A
審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 16 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平5-261492

(22) 出願日 平成5年(1993)9月24日

(31) 優先権主張番号 9 2 1 1 3 9 7

(32) 優先日 1992年9月24日

(33) 優先権主張国 フランス (F R)

(71) 出願人 593193295

クレオン・アンデュストリ

フランス国、87200 リモージュ、ジ・ノ
ル、リュ・ニコラ・アベル (番地なし)

(72) 発明者 エリク・コスナール

フランス国、31180 ラベイルーズ・フォ
サ、シデクス 4107

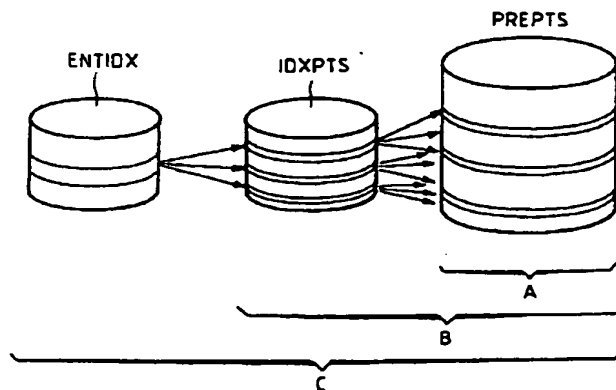
(74) 代理人 弁理士 奥山 尚男

(54) 【発明の名称】 特に表面及び曲線を表わす点アセンブリのファセット化、セグメンテーション及び分類のための
3次元コンピュータグラフィックスデータ処理方法

(57) 【要約】

【目的】 物体の表面座標等の空間の点の集合であって、解析的關係、位相的關係が与えられていないものに、これらの關係を与える方法を提案する。

【構成】 点の集合からそれを近似する回帰平面を作り、その回帰平面の重心を通りその回帰平面で点の集合を分割し、それぞれについて同じ操作を繰り返して円柱、平面等に分けるファセット化を行う。同様に回帰直線を作って、その直線で集合を分割して同じ操作を繰り返す。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 3次元表面の獲得後に得られたコンピュータグラフィックスデータの処理方法であって、表面の点を表わすこれらのデータが解析的観点からみて未決定で未配列の点の集合を構成しており、かつ各々予め定められた基準を満たし解析的観点からみて決定された全く異なる複数のファセットの形に点を位相的にまとめる方法において、(a) 少なくとも、一方では表面の点の集合を表わすデータを含む第1のファイル、又他方ではその実行中に作成されることになるファセットのデータを受理する第2のファイルを含むデータ構造を作る段階、(b) 第1のファイルの点の集合を近似する一平面を回帰する段階、(c) 各点から回帰平面までの最大距離という基準を少なくとも含む前記予め定められた基準をこの回帰平面が満足するか否かを検査する段階、(d) 満足する場合、相応する回帰平面の解析データを含むファセットデータを第2のファイル内に作る段階が含まれ、(e) 満足しない場合には、切断面の両側に分布した2つのサブ集合の形に考慮対象である点の集合を分割し、これらのサブ集合の各々について段階(b)～(d)を2分法式で反復的に又は再帰的に実行することから成る段階が含まれていることを特徴とする特に表面及び曲線を表わす点アセンブリのファセット化、セグメンテーション及び分類のための3次元コンピュータグラフィックスデータ処理方法。

【請求項 2】 予め定められた基準にはさらに、アセンブリの点の最大数という基準が含まれていることを特徴とする、請求項 1 に記載の特に表面及び曲線を表わす点アセンブリのファセット化、セグメンテーション及び分類のための3次元コンピュータグラフィックスデータ処理方法。

【請求項 3】 予め定められた基準にはさらに、点アセンブリに相応するファセットの最大寸法という基準が含まれていることを特徴とする請求項 1 に記載の特に表面及び曲線を表わす点アセンブリのファセット化、セグメンテーション及び分類のための3次元コンピュータグラフィックスデータ処理方法。

【請求項 4】 切断平面が、回帰平面に垂直で分割すべき点アセンブリの重心を通過する平面であることを特徴とする、請求項 1 に記載の特に表面及び曲線を表わす点アセンブリのファセット化、セグメンテーション及び分類のための3次元コンピュータグラフィックスデータ処理方法。

【請求項 5】 第1のファイルの中で、動的に自由かつ割当て可能な記憶ゾーン内での点のリスト連鎖を可能にするような形で、ファセットの次の点を指すポインタ情報が各点データにさらに含まれており、リストはこのゾーンが飽和の場合に一時ファイルの形で保存されることを特徴とする、請求項 1 に記載の特に表面及び曲線を表わす点アセンブリのファセット化、セグメンテーション

2

及び分類のための3次元コンピュータグラフィックスデータ処理方法。

【請求項 6】 2次元又は3次元曲線の接触無しの獲得の後に得られたコンピュータグラフィックスデータの処理方法であって、曲線の点を表わすこれらのデータが解析的観点から見て未決定で未配列の点の集合を構成しており、かつ各々少なくとも1つの予め定められた基準を満たし解析的観点から見て決定された全く異なる複数のセグメントの形に点を位相的にまとめることから成る方法において、

(a) 少なくとも、一方では曲線の点の集合を表わすデータを含む第1のファイル、又他方ではその実行中に作成されることになるセグメントデータを受理する第2のファイルを含むデータ構造を作る段階、

(b) 第1のファイルの点アセンブリを近似する1本の直線を回帰する段階；

(c) 各点から回帰直線までの最大距離という基準を少なくとも含む前記予め定められた基準をこの回帰直線が満足するか否かを検査する段階；

(d) 満足する場合、相応する回帰セグメントの解析データを含むセグメントデータを第2ファイル内に作る段階が含まれ、しかも、

(e) 満足しない場合には、切断部の両側に分布した2つのサブ集合の形に考慮対象である点の集合を分割し、これらのサブ集合の各々について段階(b)～

(d)を反復的に又は再帰的に実行することから成る段階が含まれていること、を特徴とする特に表面及び曲線を表わす点アセンブリのファセット化、セグメンテーション及び分類のための3次元コンピュータグラフィックスデータ処理方法。

【請求項 7】 (b)～(d)の段階の反復全体が完遂した後、(e) 各セグメント上でのその投影の横座標に沿ってこのセグメントの点を局所的に分類し、次に、その間に包括的に曲線の点アセンブリを配列するためセグメントを方向づけし互いに連結することからなる補足的段階がさらにふくまれることを特徴とする、請求項 6 に記載の特に表面及び曲線を表わす点アセンブリのファセット化、セグメンテーション及び分類のための3次元コンピュータグラフィックスデータ処理方法。

【請求項 8】 段階(a)において、第1のファイルを指標付けし各々第1のファイルの連続する複数の点をまとめるグラニューールを表わすデータを含む第3のファイルをさらに作ることを特徴とする、請求項 1 又は 6 に記載の特に表面及び曲線を表わす点アセンブリのファセット化、セグメンテーション及び分類のための3次元コンピュータグラフィックスデータ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は3次元コンピュータグラフィックスデータの処理、特に3次元形状非接触獲得シ

50

3

システムによって得られたデータの処理に関する。

【0002】

【従来の技術】本発明は、特に、レーザー光源と共に作動する光学センサー及び、形状のデジタル化を希望する任意の非平面部品上のレーザービームのスプールを解析する単数又は複数のカメラによって送り出される生データの処理に応用される。

【0003】このような獲得技術は、特に、全て当該出願人が所有しているFR-A-2627 047、FR-A-2 642 833及びFR-A-2 629 198ならびに1991年12月30日付の仏特許出願明細書91-16305の中で、詳細に記述されている。

【0004】この獲得段階は、非常にサイズの大きいものでありうる点のデジタルファイルを生成する；1ミリメートルあたり1点の解像度で1m²の表面又は1ミリメートルあたり10点の画像度で1dm²の表面については、100万点のファイルに達する。

【0005】本発明は、スクリーン上に表示するため、又は処理を行うため又は下流システム例えばCADシステムまたはNC制御の工作機械などに伝送するために、デジタル化された形に迅速にアクセスするのに十分な性能を発揮する実行方法を探し求めながら、点ファイルの生データを処理する方法に関連している。

【0006】この目的で利用しなくてはならないさまざまな段階は、基本的に以下のものである。

【0007】— まず第1に、「ファセット化」。すなわち以下で説明する一定数の予め定められた、特に幾何学的な基準を各々満たすサブアセンブリ（例えば平坦表面の区分つまり「ファセット」）の形に点を位相的にまとめること。かくして、解析面で未決定の点の集合から、各々平面方程式によって定義づけられ形状を獲得して表面のモデリングを構成するファセットアセンブリへと移行する；

【0008】— 考慮対象の形状が3次元表面ではなく、2次元の曲線（例えば平面断面）又は3次元の曲線（非平面曲線）である場合、「セグメンテーション」に着手しなくてはならない。この「セグメンテーション」は平面ファセットアセンブリにより1つの表面を近似する代わりに直線セグメントアセンブリによって曲線を近似するという点以外ファセット化と類似したオペレーションである；

【0009】— セグメンテーションの後、例えば加工用工具を誘導したい場合には、曲線の異なる点の間の配列関係を樹立することから成る「分類」という補足的段階に着手することがさらに必要である；実際、これらの点が空間内で連結である場合でも、セグメンテーションの実行後ではファイル内で連結ではない。

【0010】これらの処理を実行するためにさまざまな方法が提案されてきたが、それらは最も頻繁に2つの基

4

本的な問題点にぶつかる。

【0011】第1に、データ量（処理すべき点の数）が多くなると直ちに、既知の処理は、特に計算出力及び記憶容量が制限されているマイクロコンピュータでこれらの処理を実行する場合に、急速に処理時間過多（数時間または数十時間）という結果をもたらすことになる。従って現在の方法は一般に、単純な形状又は小さなサイズの形状又は低い解像度で獲得された形状のモデリングにしか応用できない。

【0012】第2に、今までに提案されてきた方法は、大部分が局所的方法、すなわち一定の与えられた点から除々に近づいて付近の点を処理してファセットを構成しようとする方法である。しかしながら実際には、これらの局所的方法は、モデリングすべき形状が鋭い稜、角点といった特異点を含む場合には充分なものと言えないことが明らかになっている。

【0013】一般に、本発明が取り組む問題は、点座標ファイルの形で記憶された3次元形状のマッピングを含むデータ構造を生成し、指標付けし、アクセスし、処理することから成る。解析面で区別されていない点のこの分散チャートに基づき、実際のマイクロコンピュータの性能と互換性あるハードウェア手段により、1つの表面上のこれらの点の間の位相的隣接関係又は、曲線上の配列関係を樹立することが問題となる。

【0014】さらに、先験的に点間の配列関係を知っている必要なく（点の集合）これらの位相的隣接関係を樹立することが可能でなくてはならない、ということにも留意されたい。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的の1つは、これらの条件下で前述のファセット化、セグメンテーション及び分類の処理を実現することを可能にするアルゴリズム方法を提案することにある。

【0016】同様に、これらの処理は主として本発明のアルゴリズムのための処理であるものの、このアルゴリズムは例えばマッピングされた点の平滑化といったその他のタイプの処理にも応用可能であるということが分かるだろう。

【0017】本発明のもう1つの目的は、これらのオペレーションを実施するために同じ基本アルゴリズム（同じプリミティブ）を用い、実行すべき処理の定義づけがプロシージャライブラリのみの変更によって行われるような汎用の方法を提案することにある。

【0018】本発明のもう1つの目的は二分法ひいては処理解像度をその形成が生ずる可能性のある特異点上に集中させながら、同程度の細かさで点の集合全体を処理することを可能にする、包括的（局所的でない）でかつ二分法による方法を提案することにある。

【0019】この点において、考慮されている利用分野が決して制限的意味をもつものではなく、発明の原理

50

5

は、その汎用性からみて、数多くのその他の処理（例えば以下で述べるような形状の平滑化）及び3次元結像以外の技術分野に直接転用できるものであるということに留意されたい。

【0020】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するため、3次元表面の獲得後に得られたコンピュータグラフィックスデータの処理方法である本発明に基づく方法であって、表面の点を表わすこれらのデータは解析的観点から見て未決定でかつ未配列の点の集合を構成しており、予め定められた1つの基準を各々満たし解析的観点からみて決定された全く異なる複数のファセットの形に点を位相的にまとめる方法において、(a)少なくとも、一方では表面の点の集合を表わすデータを含む第1のファイル、又他方ではその実行中に作成されることになるファセットデータを受理する第2のファイルを含むデータ構造を作ること；(b)第1のファイルの点の集合を近似する一平面を回帰すること；(c)各点から回帰平面までの最大距離という基準を少なくとも含む前記予め定められた基準をこの回帰平面が満足するか否かを検査すること；(d)満足しない場合には、切断面の両側に分布した2つのサブ集合の形に考慮対象である点の集合を分割し、これらのサブ集合の各々について段階(b)～(d)を二分法で反復的に又は再帰的に実行すること；(e)満足する場合には相応する回帰平面の解析データを含むファセットデータを、第2のファイル内に作ることからなる段階を特徴とする。

【0021】予め定められた基準には、さらに集合の点の最大数についての基準及び／又は点の集合に相応するファセットの最大寸法についての基準が含まれる可能性がある。

【0022】切断平面は、特に、分割すべき点の集合の重心を通り回帰平面に対して垂直な平面であると考えられる。

【0023】有利な実施態様においては、各点データはさらに動的に自由でかつ割当て可能な記憶ゾーンの中の点のリスト連鎖を可能にするような形でファセットの次の点を指すポイントの情報を含んでおり、これらのリストはこのゾーンが飽和した場合に一時ファイルの形で保存される。

【0024】本発明は同様に、2次元または3次元曲線の非接触獲得の後に得られたコンピュータグラフィックスデータの処理方法であって、曲線の点を表わすこれらのデータが解析的観点から見て未決定で未配列の点の集合を構成しており、かつ各々少なくとも1つの予め定められた基準を満たし解析的観点から見て決定された全く異なる複数のセグメントの形に点を位相的にまとめる方法において、(a)少なくとも、一方では曲線の点の集合を表わすデータを含む第1のファイル、又他方ではその実行中に作成されることになるセグメントデータを受理

6

する第2のファイルを含むデータ構造を作ること；

(b)第1のファイルの点の集合を近似する1本の直線を回帰すること；(c)各点から回帰直線までの最大距離という基準を少なくとも含む前記予め定められた基準をこの回帰直線が満足するか否かを検査すること；

(d)満足しない場合には、切断部の両側に分布した2つのサブ集合の形に考慮対象である点の集合を分割し、これらのサブ集合の各々について段階(b)～(d)を反復的に又は再帰的に実行すること；(e)満足する場合には、相応する回帰セグメントの解析データを含むセグメントデータを第2のファイル内に作ることから成る段階を特徴とするデータ処理にも適用される。

【0025】このとき、段階(b)～(d)の反復全体が完逐した後；(e)各セグメント上でのその投影の横座標に沿って、このセグメントの点を局所的に分類し、次にその間に包括的に曲線の点の集合を配列するためにセグメントを方向づけし互いに連結することから成る補足的段階を具備することが可能である。

【0026】あらゆる場合において、グラニユールすなわち段階(a)において第1のファイルを指標付けし各々第1ファイルの連続する複数の点をまとめたものを表わすデータを含む第3のファイルをさらに作ることができるという利点がある。

【0027】

【実施例】ここで、添付図面を参考にして、本発明の実施例について記述する。

【0028】基本的に、点間にいかなる配列関係も無く解析的観点からみて区別されていない点の集合の形で現れる形状獲得システムから出たデータは、アクセスプリミティブと共にその書式を次に規定するデータベースの形で組織されることになる。

【0029】次に、一表面の点のファセット化アルゴリズムの発達の仕方について例を挙げて説明する。

【0030】その後、先行オペレーションによりファセット化された表面の処理例（部分表示及び平面セクションの抽出）を示す。

【0031】最後に、2次元又は3次元曲線の場合において、この曲線を表わす点のセグメンテーション及び分類の実施方法について説明する。

【0032】データベース書式

【0033】図1にその構造を例示したこのデータベースは、形状をスキャンすることにより得られたマッピングに由来する点を記憶する前駆ファイルPREPTSで構成されている。

【0034】1つの点に相応するこのファイルの各データは、図2に示されているように、以下のパラメータを含んでいる；すなわち、デカルト座標(X、Y、Z)、形状に対する垂直線の方法(I、J、K) ($I^2 + J^2 + K^2 = 1$) 及び点に関する特定の記載（例えばカラー情報）を含む可能性のある属性H。

7

【0035】一例を挙げると、各パラメータ (X、Y、Z、I、J、K) が4バイトであり、パラメータHが1バイトである場合、各点は25バイトを必要とし、従って100万個の点の表面は25メガバイトのファイルが必要とすることになる。このようなファイルは必然的にハードディスク上に記載され、かくしてこのディスクの情報に対するアクセスモードは、処理速度を遅くしないよう最適な形で管理されなくてはならなくなる。

【0036】このPREPTSファイルは「グラニユー」から成るインデックスファイルIDXPTSによってアドレスされる。1つの「グラニユー」は、ファイルPREPTS上で連続したものであるという特徴を表現する点アセンブリを規定している。

【0037】各グラニユーは、図2に示されているように、ファイルPREPTS内のそのグラニユーの最初のアドレスADPTとそれに続くそのグラニユーの点の数SQPTを含んでいる。こうして、各グラニユーについてアクセスすべきファイルPREPTSの最初の点のアドレスとそれに続いてこのアドレスからこの同じファイル内に逐次的にアクセスすべき点の数しか含んでいないことから、PREPTSとの関係において縮小されたサイズのファイルIDXPTSを自由に使用することができるようになる。

【0038】同じインデックスブロックの一部を成すグラニユーは、ファイルIDXPTS内に逐次的に書き込まれる。又、不可欠ではないものの何らかの理由でエンティティファイルENTIDXを失った場合に、グラニユーをみつけ個別化することを可能にするような、例えばブロック(-01、00)といったグラニユーの終りを表示する特定の演算子によって終結することが好ましい。

【0039】インデックスファイルIDXPTSはそれ自体、同じインデックスブロック内にPREPTSの点をまとめる1つの「エンティティ」に関する解析情報を含むファイルENTIDXによってアドレスされる。

「エンティティ」は、1つの表面の場合にはファセットであり又、1本の曲線の場合には直線セグメントとなる。

【0040】図2に示されているように、各エンティティは、IDXPTS内のインデックスブロックの最初のグラニユーのアドレスADGR、インデックスブロックのグラニユー数SQGR、妥当性マーカervalidのエンティティにより〔データの無欠性を保証するコヒーレンス(干渉性)制御を可能にするために〕及びそのエンティティを表わす解析情報(a、b、c、等)により参照されるPREPTSの点の数TOTP、を含んでいる。

【0041】これらの解析方程式は、例えば、平面のデカルト方程式 $[a \cdot x + b \cdot y + c \cdot z = d, \text{ なお } (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2} = 1]$ の係数(a、b、c、d)

8

又はセグメントを有する直線のパラメータ方程式 $[x = a + m \cdot d, y = b + m \cdot c, z = c + m \cdot f, \text{ なお式中の } m \text{ は実数のパラメータである}]$ の係数(a、b、c、d、e、f)、或いは又エンティティがその他の性質のものであるならば他のあらゆる解析情報(かくして、エンティティは、平面ファセットではなく球状ファセット、またセグメントではなく円、などでありうる)である。

【0042】かくして3つのデータコレクションすなわち(図1)未処理の点のコレクションA; 指標付けされた点のコレクションB及びエンティティ(ファセット又はセグメント)のコレクションCが得られる。

【0043】4つのファセットにまとめられた(ファセット化の後)25の点を含む図3のファセット化された表面を例に挙げると、データベースの相応する内容は、図4に示されているものとなる;

【0044】— ファイルENTIDXは、4つのファセットに相応する4つのブロックを含む; 第1のブロック(00、03、06...)は第1のファセットがファイルIDXPTSのアドレス00(ADGR=00)で始まって合計6つの点(TOTP=06)に対し3つのグラニユー(SQGR=03)を含むこと、第2ファセットが合計4つの点に対し3つのグラニユーを有し、最初のグラニユーがファイルIDXPTSのアドレス03にあることなどを意味している。

【0045】— ファイルIDXPTSに関しては、これは、最初のグラニユーがファイルPREPTSのアドレス01(ADPT=01)で始まる4つの連続した点(SQPT=04)すなわち図3上の点No. 1~No. 4を含むこと、及びこの同じファセットの第2のグラニユーがアドレス03で始まる2つの点(図3の点No. 8及びNo. 9)を含むことを表示し(最初のブロック); 分離符号グラニユー(-01、00)がその後続き; その後には第2のエンティティ(第2のファセット)に関する情報〔すなわちアドレス07で始まる2つの点及びアドレス11で始まる2つの点〕といったように続く。

【0046】— ファイルPREPTSは、図3の例の25の点についてデータ収集の後に得られた点のコレクションを示す; この図では、理解を容易にするため、異なる点が丸で囲まれておりグラニユーは、破線でまとめられた丸で囲まれた点で構成されており、4つのファセットはI~IVと番号が付けられ実線で限定されている。

【0047】このデータ構造がひとたび規定されると、問題は、異なるファセットを得ることにある。実際、最初は、分散チャートの平均的平面から成るエンティティであるファイルENTIDX内の唯一のエンティティしか利用できない。従ってこのとき、2つの全く異なるエンティティの形に唯一のエイティティを分割することに

9

よって、この構造に基づいてさらに細かい構造を反復又は二分法によって得ることになる。

【0048】この唯一のエンティティのパラメータは、 $ADGR=1$ 、 $SQGR=n$ 、 $TOTP=n$ （なお n は獲得した点の合計数であり、この例では $n=25$ 又は典型的な実際のケースでは $n=1, 000, 000$ である）、及び点の集合の平均的平面のパラメータ（以下で記述する方法によって得られるパラメータ）である。

【0049】いかなるファセットもまだ規定されていない *

「ENTIDX」内のエンティティを読みとる。

ADGRに「IDXPTS」を位置づけする。

反復する。

「IDXPTS」内のGRAINを読みとる。

$SQPT > 0$ の場合

ADPTに「PREPTS」を位置づけする。

$SQPT > 0$ であるかぎり

「PREPTS」内の点を読みとる。

$SQPT := SQPT - 1$

ADGR<0 となるまで。

【0052】同一のインデックスブロックの一部を成すグラニュールがファイルIDXPTS内に逐次的に書き込まれている。その結果、ファイルPREPTS内では、磁気ディスクからの点に対するアクセスのためのメモリーバッファの利用の最適化のため大きい相関的時間利得を伴って、前方への読みとりしか行わないでいることが可能となっていることに留意されたい。

【0053】表面の点のファセット化

【0054】問題は効果的であると同時に迅速である点の集合の位相的分割を実現することにある。

【0055】ファセット化第1段階は、ファイルPREPTSの全部又は一部で形成されたM個の点の集合上で、最小2乗法によって点の集合を近似する平面を回帰することから成る。

【0056】 $A_r X + B_r Y + C_r Z = D_r$ という方程式のこの回帰平面 P_r は、点の集合の座標 (X_G 、 Y_G 、 Z_G) の重心 G を通過することになる。

【0057】このとき、第2段階において問題のM個の点が一定数の基準を満足するか否かを確認する。満足する場合、インデックスブロックが構成されることになる；満足しない場合、M個の点の集合は2つのサブ集合に分割され、その各々について1つの平面が回帰され、基準の遵守が確認されたりすることになる。

【0058】さらに厳密に言うと、満足すべき基準は、次のような多数の基準であってよい：

10

*いことから、ファイルIDXPTSは、同様にして $ADPT=1$ 及び $SQPT=n$ で唯一のグラニュールしか含まない。

【0050】エンティティの点の読みとりは、メタ言語で示された次のような一般的アルゴリズムの実行により行われる：

【0051】

【数1】

【0059】— 最大変位 F_{max} についての幾何学的基準、つまり任意の点から回帰平面までの距離はつねに F_{max} 未満でなくてはならない；

【0060】— メモリー管理に関連するデータの量基準。すなわちファセットの点の数は、特に、後の処理（表示、ズームングなど）が読み書きメモリーでのみ最適な形で行われうるように最大数 M_{max} に制限される；

【0061】— 表示上の制約条件に関連するファセットサイズ基準；すなわちファセットには最大サイズ R_{max} を課する。つまりファセットの任意の点は重心 G から R_{max} 以上離れていてはならない。

【0062】これらの3つの基準が満足された場合、ファセットはその最終的状态にあるとみなされ、インデックスブロックの構成によりそれを保存することになる。

【0063】反対の場合、方程式 $A_c X + B_c Y + C_c Z = D_c$ の切断平面 P_c の両側へのM個の点の集合を2つに分割することになる（この最後の基準の変形態様の場合によって考慮することができる）。この平面は回帰平面 P_r に対して垂直な重心 G を通る平面として定義づけられ、かつ「クリッピングボックス」すなわち表示された又は隔離された表面の区分を包絡する平行六面体の最大寸法に垂直である。

【0064】平面方程式 $A X + B Y + C Z = D$ が全ての規格化された形をしている、つまり $A^2 + B^2 + C^2 = 1$ をしておりそのため、平面との関係における位置、距

【0065】より厳密にいうと、ベクトル $N(A, B, C)$ は平面 P に対して直交しており、点 $M(X_m, Y_m, Z_m)$ から平面 P までの距離 MP は $MP = AX_m + BY_m + CZ_m - D$ によって与えられ、この距離の正負符号は、 $N(A, B, C)$ の側で正、もう一方の側で負 *

$$\begin{array}{cccc|c|c|c|c} \Sigma x^2 & \Sigma xy & \Sigma xz & \Sigma x & & A & & \Sigma x \\ \Sigma yx & \Sigma y^2 & \Sigma yz & \Sigma y & & B & & \Sigma y \\ \Sigma zx & \Sigma zy & \Sigma z^2 & \Sigma z & * & C & = & \Sigma z \\ \Sigma x & \Sigma y & \Sigma z & M & & D & & 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{c|c|c|c|c} x & & A & & \Sigma x \\ y & & B & & \Sigma y \\ z & * & C & = & \Sigma z \\ & & D & & 0 \end{array}$$

【数3】

13

14

CUT=偽;

M:=0; M1:=0; M2:=0;

 $\Sigma X1=0$; $\Sigma Y1=0$; $\Sigma Z1=0$; $\Sigma X1^2=0$; $\Sigma Y1^2=0$; $\Sigma Z1^2=0$; $\Sigma XY1=0$; $\Sigma YZ1=0$; $\Sigma ZX1=0$; $\Sigma X2=0$; $\Sigma Y2=0$; $\Sigma Z2=0$; $\Sigma X2^2=0$; $\Sigma Y2^2=0$; $\Sigma Z2^2=0$; $\Sigma XY2=0$; $\Sigma YZ2=0$; $\Sigma ZX2=0$;

反復する

「PREPTS」内の点を読み取る

M:=M+1;

M>M_{max} である場合 CUT=正ArX+BrY+CrZ-Dr>F_{max} である場合、CUT=正

AcX+BcY+CcZ-Dc>0 である場合:

 $\Sigma X1=\Sigma X1+X$; $\Sigma Y1=\Sigma Y1+Y$; $\Sigma Z1=\Sigma Z1+Z$; $\Sigma X1^2=\Sigma X1^2+X*X$; $\Sigma Y1^2=\Sigma Y1^2+Y*Y$; $\Sigma Z1^2=\Sigma Z1^2+Z*Z$; $\Sigma XY1=\Sigma XY1+X*Y$; $\Sigma YZ1=\Sigma YZ1+Y*Z$; $\Sigma ZX1=\Sigma ZX1+Z*X$;

M1=M1+1

そうでなければ:

 $\Sigma X2=\Sigma X2+X$; $\Sigma Y2=\Sigma Y2+Y$; $\Sigma Z2=\Sigma Z2+Z$; $\Sigma X2^2=\Sigma X2^2+X*X$; $\Sigma Y2^2=\Sigma Y2^2+Y*Y$; $\Sigma Z2^2=\Sigma Z2^2+Z*Z$; $\Sigma XY2=\Sigma XY2+X*Y$; $\Sigma YZ2=\Sigma YZ2+Y*Z$; $\Sigma ZX2=\Sigma ZX2+Z*X$;

M2=M2+1

インデックスブロックの終わりまで。

CUT=正である場合、

(Pr1、Pc1、G1)を計算する

(Pr2、Pc2、G2)を計算する

【0071】剰余、共分散及びラテラル化の計算は全て、点の集合上のただ一回の通過で行われる。このためには、平面PrO、PcO及び重心GOがすでにわかっている状態でアルゴリズムに入る。Prとの関係における剰余が基準(F_{max}、R_{max}、M_{max})を遵守しているか否かを確認する。各点に対して、点の集合を切断しなくてはならない場合に必要となるPcOとの関係におけるラテラル化を割り当てする。

【0072】同時に、点のラテラル化に応じて結果として得られた2つの分散チャートについての2つの共分散[COV1]及び[COV2]の項を加算する。これら2つのマトリクス[COV1]及び[COV2]は、分散チャートの走査以前に初期設定されている。

【0073】最後に、PrOについての基準が遵守されない場合、結果として得られた各点の集合に付加されたファセットエンティティ(Pr1、Pc1、G1)及び(Pr2、Pc2、G2)を計算し、これらをPrOとして処理するだけで充分である。PrOについて基準が満足された場合、ファセットは有効あり、ENTIDX内に書き込むことができ、点の集合はIDXPTS内で結び付けられたインデックスブロックを構成することができる。

【0074】開発されたアルゴリズムが全て、先験的に点間の配列関係を知っている必要はなく、局所的でなく包括的に行われかくして二分法の最適な進行を可能にする共分散と線形回帰の計算に基づくものである、という

50

15

ことに留意されたい。

【0075】実践的データ管理

【0076】実践的な利用のため、そして上述のように利用可能な最大限のダイナミックメモリーを利用するために、ここで、特に有利なデータの流の特定の管理様式について記述する。

【0077】この目的で、それ自体既知の方法で、点及びエンティティは、点を指すノードポインタ (NOD) とエンティティを指しノードの連鎖を管理するリストポインタ (LST) の割当てによりロードされる。換言すると、各点に対しポインタ情報を付加し、このポインタはファセットの次の点を指す。

【0078】「スタック」に対するものとして「ヒープ」状にダイナミックメモリーの一部分を割り当てることはプロシージャNEWによって記され、その解除はFREによって記されることになる。各ノードは、リストの次のノード上にポインタタイプのフィールドSUITEを含んでいる。

【0079】各リストは、リストに付加された第1のノードを指すポインタPREMIERを含む。1つのリストは1つのエンティティ (例えばファセット) を表し、1つのノードは1つの点 (X、Y、Z、I、J、K、H) を表す。

【0080】PREPTS上の点の読み取りに従って、これらの点は「ヒープ」上にリスト状に連鎖される。このヒープは、円形バッファのように挙動する。すなわち、ダイナミックメモリーに場所がなくなってしまった時点で、リストは、これを再度切断しなくてはならない場合に一時ファイル内にインデックスブロックの形で保管される。そうでなければ、これらのリストは、結果インデックスファイルの中にインデックスブロックの形で保管される。

【0081】要約すると、リストが完全にそのヒープ上にある場合、二分法の2進樹は下降再帰性 (すなわちまずは深さ) により実行されること、そして逆にリストがそのヒープ上に無い場合、このリストはノードの走査中に一時ファイル内に保管されなくてはならない、ということがわかるだろう。

【0082】リストの2分法は続行し、連結された一時ファイルは、新しい原始エンティティファイルとして役立つ；このときアルゴリズムは、中間エンティティファイル上で反復的に (すなわちまずは幅) ランする。

【0083】換言すると、ヒープが満杯である場合、ヒープの情報の一部分をディスクファイル上に書き込み、古い点上に新しい値を再度書き込む；保存された情報は、入力データベースの構造と相容性のあるグラニューつまりインデックスブロックであることがわかるだろう。

【0084】この特性により、入力ブロックと出力ブロックが同じ形状をもつ再入可能プロシージャによる容易

16

な反復が可能となる。

【0085】一例として、図3の表面に相応する25の点のデータベースの例に上述の教示を応用し、次に一般的なケースにおいて適用可能なアルゴリズムを示す。

【0086】例えば、エンティティ (ファセット) が占める場所を考慮に入れることなく、11の点を含むうるヒープが利用可能であると想定する。

【0087】かくして、図5に示されているように、ファイルの初期状態において：IDXPSTOは、原始インデックスファイルを表し、IDXPSTSG及びIDXPSTDは、切断面の左右の点の一時インデックスファイルを表し、IDXPSTRは、ファセット化の総合インデックスファイルを表す。

【0088】図3との関係において、POは、第1の切断部を表し、PA及びPBは、次に続く2つの切断部を表す。このときI、II、III、IVという番号のついた4つのエンティティ又はファセットが再度見いだされることだろう。

【0089】パスNo. 0、(第1のパス) の実行は、以下の要領で行われる。

【0090】図5のメモリー占有表は、アルゴリズムのランを示している。(表の余白の文字a、b、cは向かい合ったデータが書き込まれる段階を示す)。初期インデックスファイルIDXPSTOは、隣接する25の点の唯一のグラニュールを含む。

【0091】メモリーアドレスは、「ヒープ」上で利用可能な11の場所について01~11という番号が付されている。正負符号+又は-は、リスト内の考慮中の点の切断面のいずれの側にあるかを表している；

【0092】(a) 点No. 10の次の点 (すなわち点No. 11) のローディング時点で、ヒープは満杯である。これは、点11を含まずに左側リストの一時ファイルIDXPSTSG内への、点11が付加されているリストの排出を生成する (「11-」というのは「平面PO」の左側を意味する)。このセーブの終わりで、メモリーアドレス1、2、3、4、6、7、8、9は空き状態となる。点12は、最初に空き状態となるアドレス01にロードされることになる。

【0093】(b) 点19のローディングの時点で、右側リストはヒープを飽和し、従って、点5、10、13、14、15、16、17、18のIDXPSTD内でのセーブを生成し、点19はヒープ上にとどまる。点20は最初に空き状態になったアドレスつまり02をとることになる。

【0094】(c) 最後の点25がロードされると、左(-)及び右(+)のリストはそれぞれ点11~12及び点19~25のIDXPSTSG及びIDXPSTDに保管される。インデックスブロックは分離符号(-01、00)で終結される。

【0095】パスNo. 1 (第2のパス) の実行は、次

17

の要領で行われる。

【0096】ファイルIDXPSTSG及びIDXPSTSDは連結され新しいファイルIDXPSTSOを構成し、このファイルに対し同じ処置が適用される。ここでは、ファイルIDXPSTSDは要求されず、結果ファセットは最終ファイルIDXPSTR内に書き込まれることになる。相応するメモリー占有表が図6に示されている。

【0097】(d) 最初のリストは、単独でメモリーにロードされ、2つに切断されて、2つのリストの形で結果ファイルIDXPSTR内に直接入る。ヒープは解放される。図PBによって切断された第2の一時ファセットについてこのプロセスが再度行われる。

【0098】(e) 点21において、ヒープは飽和する。点は右側リスト(+)に属し、従って点16、17、18についてIDXPSTSD内に一時的に保管される。アドレス6は最初に空き状態になる。

【0099】(f) 右側リストが新たに飽和し、その点21、22、23のセーブを誘発する。アドレス6は最初に空き状態となる。

18

【0100】(g) プロセスは終結する。右側リスト(+)は、IDXPSTSD内で終了する。点(5、10、13、14、15、19、20、25)の左側リスト(-)はヒープ上にとどまり、直接結果ファイルIDXPSTR内に入る。

【0101】パスNo. 2(第3のパス)の実行は、以下の要領で行われる：

【0102】IDXPSTSDは原始ファイルIDXPSTSOとなる。基準を遵守するファセットを含むことから、インデックスはIDXPSTR内に直接再コピーされる。再コピーのプロシージャは、リストの一時セーブの結果もたらされる(21、3)(24、1)といった不要な隣接するグラニユールの連結を確実に行う。最終的に、図4に示されているデータベースが得られる。

【0103】この部分例は、任意の数の点のファイルのファセット化に対して容易に一般化することができ、かくして次のようなアルゴリズムが得られる：

【0104】

【数4】

10

19

原始サイズが<>0であるかぎり、

原始ファイル終りでないかぎり

リストNEW (LSTO) を割り当てる。

0で1つのエンティティを読み取る。

基準が確認されない場合には、

点 (X、Y、Z、I、J、K、H) を付加する。

SUBDIVISE (LSTO)

そうでなければ

結果ファイルにそのエンティティを書き込む。

結果にインデックスブロックを再コピーする。

原始ファイル終りなら終る。

0中の一時ファイル1及び2を連結する。

原始サイズが<>0なら終る。

Proc SUBDIVISE (LSTO)

リストがヒープ上にある場合

New (LST1)

New (LST2)

COUPE (LSTO、LST1、LST2) である場合、

SUBDIVISE (LST1)

SUBDIVISE (LST2)

FRE (LSTO)

【0105】ファセット化された表面の処理例

【0106】ここで2つの標準的なデータ処理例すなわちファセット化された表面の実時間部分表示及び任意の平面断面の抽出について記述する。

【0107】データ処理に関しては、他のタイプのオペレーション例えば中心点及びその隣接点上に局所的に1つの平面を回帰させることになるマッピングされた点の平滑化（この場合この中心点は回帰平面上でのその投影によって置換される）なども考えることができる。

【0108】ファセット化された表面の第1の処理例

【0109】得られるデータの構造のため実施が極めて単純である第1の例は、ファセット化された表面の部分表示を実施することから成る。この操作は、オペレータにより対話式に行われる。

【0110】このため、オペレータは、平行六面体「ク

20

リッピングボックス」(X_{min}、Y_{min}、Z_{min}、X_{max}、Y_{mix}、Z_{max})によって定義づけられるウインドウであるスクリーンの透視図型視覚化ウインドウを拡大(ズーミング)しなくてはならない。

40 【0111】各ファセットがロードされると、中心の球(XG、YG、ZG)つまりファセットの重心にセンタリングされかつ半径R_{max}の球がクリッピングボックスを遮断するか否かをを確認するだけでよい。もしそうである場合、PREPTSの点がウインドウ内にあるならばそれが表示される。そうでない場合、ファセットは、時間を無駄にすることなく直接拒絶される。アルゴリズムは、以下のとおりである：

【0112】

【数5】

50

21 データベース (X_{min} , Y_{min} , Z_{min} , X_{max} , Y_{max} , Z_{max}) を表示する。 22

ENTIDXの終わりでないかぎり

ファセットを読む (X_g , Y_g , Z_g , R_{max})

$XG - XMAX < RMAX$

$X_{min} - XG < RMAX$

$YG - YMAX < RMAX$

$Y_{min} - YG < RMAX$

$ZG - ZMAX < RMAX$

$Z_{min} - ZG < RMAX$ である場合、

ADGRにIDXPTSを位置づけする。

SQ=1からSQGRまでについて、

IDXPTS内のADPT、SQPTを読みとる。

ADPTにPREPTSを位置づけする。

PT=1からSQPTまでについて、

PREPTS内の点 (X , Y , Z) を読み取る。

$X_{min} < X < X_{max}$

$Y_{min} < Y < Y_{max}$

$Z_{min} < Z < Z_{max}$ である場合、

点 (X , Y , Z) を表示する。

~について終り、PTについてのルーチン終る。

SQについてのルーチン終る。

RMAXの条件によるルーチン終る。

ENTIDXの終りであれば終る。

【0113】ファセット化された表面の第2の処理例

【0114】第2の処理例は、きわめて頻繁にCADで利用されるユーティリティである任意の平面セクションの抽出である。

【0115】つまり、方程式 $A_s X + B_s Y + C_s Z = D_s$ の平面 P_s と形状の交差平面曲線を抽出することである。

【0116】そのためには、ファイルENTIDXを逐

次的に読みとる。ファセットが R_{max} 以上に平面から離れている場合、このファセットは拒絶される。そうでなければ、点は、ファイルPREPTS内で読みとられ、一定の与えられた値より小さい平面 P_s からの距離のところにある場合保持される。アルゴリズムは、以下のとおりである：

【0117】

【数6】

23

セクション (A_s 、 B_s 、 C_s 、 D_s 、 ϵ) を抽出する。

ENTIDXの終わりでないかぎり、

ファセット XG 、 YG 、 ZG 、 R_{max} を読みとる。

$|A_s Y_g + B_s Y_g + C_s Z_g \cdot D_s| < R_{max}$ である場合、

ADGRにIDXPTSを位置づけする。

SQ=1からSQGRまでについて

IDXPTS内のADPT、SQPTを読みとる。

PT=1からSQPTまでについて、

PREPTS内の1つの点 (X 、 Y 、 Z) を読みとる。

$|A_s X + B_s Y + C_s Z \cdot D_s| < \epsilon$ である場合、

CADについての点を記憶する。

PTについてのルーチン終る。

SQについてのルーチン終る。

R_{max} についてのルーチン終る。

ENTIDXの終りであれば終る。

【0118】CADについて記憶された点は次に、以下で説明する分類アルゴリズムを利用することによって、これらの点が構成する曲線の弧長座標に従って分類されることになる。

【0119】1曲線の点のセグメンテーションと分類

【0120】空間内である曲線を描くと想定されている点アセンブリを処理しようとする場合には、一般に「配列順に」点にアクセスする必要がある。例えば1つの軌道を機械加工する場合などは、フライス盤が走行すべき「連続する」一連の点を数値制御機構に与える。同様にして、一定の点リストを近似する多項式パラメータ曲線を計算するためには、計算機は、パラメータが一定の与えられた方向に変動するときリストの点を曲線が描く順序を知っている必要がある場合がある。

【0121】CADでは、リストが10個程の点に制限されている場合、スクリーンに現れて欲しい曲線に応じて点にその配列を割り当てるのはオペレータであり、点の配列づけは、望まれる結果に応じて反復的に行われる。

【0122】このようなやり方は、複製すべき表面を表す何千、何百万もの点が存在する場合には考えられない。例えばこの表面の機械加工されたコピーを実現するためには、この百万個の点から、フライス盤の工具が走行すべき軌道を表すことになる多数のセクションを抽出する。この場合、例えば各々1000個の点を含む1000のセクションが得られる。オペレータに対してこれらのセクション内の点の配列を規定することを要求する

ということは考えられないことであろう。

【0123】ここで、点の「配列」は、点リストを最も良く近似する曲線の弧長座標によって定義づけされるとおりに選択される。点の精度及び点の数が曲線を独自の方法で表示するのに十分なものである場合、この定義づけは、機械加工上の問題及びパラメータ曲線の計算上の問題に対して充分に応えるものである。下記のセクション分類アルゴリズムでは、この弧長座標の配列に従って曲線の点を分類するための再帰的二分法の原則が利用される。

【0124】基本的に、分類すべき点の集合はまず第1に、各切断部分が1本の直線によって近似可能となるまで切断され、次に、1つの切断部分の点がこの直線上でのその投影の横座標に従って局所的に分類され、曲線上に分類された一連の点を得るためには切断部分を方向づけし互いに連結するだけでよい。

【0125】セグメンテーションに関しては、適用されるアルゴリズムはファセット化のものと同じであると総括的に考えることができる。ただし、点の集合を近似する平面の最小二乗の意味での線形回帰により計算する代わりに、定められた変位についての基準を遵守する一連の直線セグメントによって曲線を近似することになる直線の方程式を計算することになる。

【0126】この方法は、図7に例示されており、この図では、回帰されたセグメント及び切断直線の分布例が示されている。

【0127】この方法が二次元平面曲線のみならず3次

25

元非平面曲線にも適用されるということに留意されたい。

【0128】分類アルゴリズムは、以下の3つの連鎖原理を利用してエンティティの連鎖リスト構造（「点」又は「セグメント」）に適用される：

（1） リストは2方向に連鎖される。各エンティティはその2つの「隣接物」つまりリストの次のエンティティと前のエンティティを知っている：従って各々のエンティティ（点又はセグメント）は（図8）リストの連鎖を確実に（先行エンティティに対するリンク、後続エンティティに対するリンク）「Lnk_Prev」及び「Lnk_Next」と命名された2つのポインタを含んでいる。

【0129】（2） リストはループになっている：すなわち最後のエンティティの後続エンティティはリストの最初のエンティティであり、逆も又成立する。（図9）

【0130】（3） 点は最もレベルの低いエンティティであり、それより「下位のもの」は無い：セグメントはその後続セグメントと先行セグメントの他に、点又はセグメントから成る「子」リストの最初及び最後のエンティティを指している。

【0131】これら3つの原則から、すでに2つのタイプのエンティティを構成することができる：

【0132】「点」タイプは、次のものを含む：

Lnk_Next：点リスト内の次の点のアドレス、

Lnk_Prev：点リスト内の先行する点のアドレス、

X、Y、Z：点の座標、

【0133】「セグメント」タイプは、以下のものを含んでいる：

Lnk_Next：セグメントリストの次のセグメン *

26

*トのアドレス、

Lnk_Prev：セグメントリストの先行するセグメントのアドレス、

Def_First：最初の点又はサブセグメントのアドレス、

Def_Last：最後の点又はサブセグメントのアドレス。

【0134】かくして2つのタイプのエンティティは、図10に示されている方法で階級づけされる。

【0135】なお、結び付けられた解析データ（すなわち直線セグメントの方程式）による分類アルゴリズムの必要性にしたがって、上記エンティティを補完することになる可能性もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】処理によって利用されるさまざまなファイル間の関係を示す。

【図2】図1のファイルの各データの情報構造を示す。

【図3】本発明の処理を適用したいと思う表面のマッピングの簡略化された例を示す。

【図4】図3の表面を表すファイルの内容を示す。

【図5】同様に図3の表面の場合において、2分法アルゴリズムの進展を示す。

【図6】同様に図3の表面の場合において、2分法アルゴリズムの進展を示す。

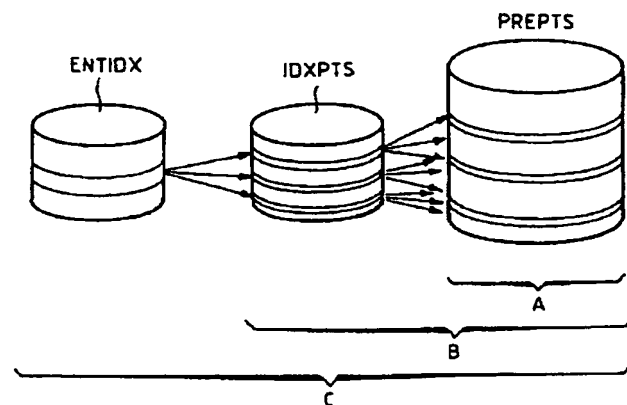
【図7】セグメンテーション及び分類の対象となるはずの1本の曲線に属する点アセンブリの一例を示す。

【図8】求める分類の実行を可能にするためデータが組織される要領を示す。

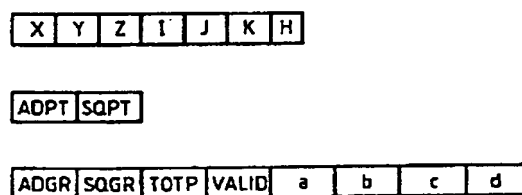
【図9】求める分類の実行を可能にするためデータが組織される要領を示す。

【図10】求める分類の実行を可能にするためデータが組織される要領を示す。

【図1】



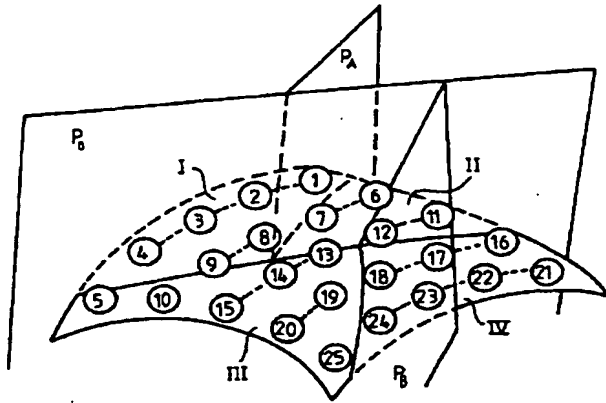
【図2】



【図8】



【図 3】



【図 4】

ENTIDX					IDXPTS			PREPTS				
ee	ADGR	SQGR	TOTP	...	ee	ADPT	SQPT	ee	XYZ	IJK	H	
00	00	03	06	---	00	01	04	00				
01	03	03	04	---	01	08	02	01				
02	06	06	08	---	02	-01	00	02				
03	12	03	07	---	03	06	02	03				
					04	11	02	04				
					05	-01	00	05				
					06	05	01	06				
					07	10	01	07				
					08	13	03	08				
					09	19	02	09				
					10	25	01	10				
					11	-01	00	11				
					12	16	03	12				
					13	21	04	13				
					14	-01	00	14				

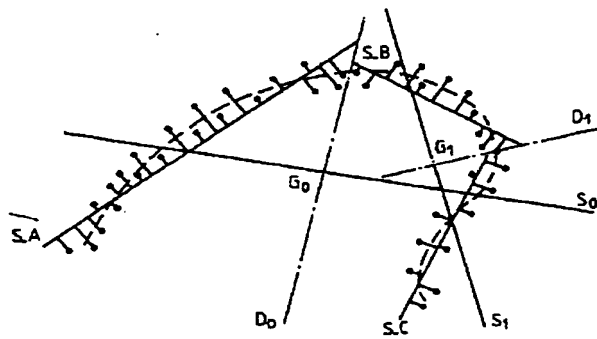
【図 5】

IDXPTSO							IDXPTSG			IDXPTSD		
ee	ADPT	SQPT	ee	(a)	(b)	(c)	ee	ADPT	SQPT	ee	ADPT	SQPT
00	01	25	01	01-	12-		00	01	04	00	05	01
01	-01	00	02	02-	13+	20+	01	06	04	01	10	01
			03	03-	14+	21+	02	11	02	02	13	06
			04	04-	15+	22+	03	-01	00	03	19	07
			05	05+		23+				04	-01	00
			06	06-	16+	24+						
			07	07-	17+	25+						
			08	08-	18+							
			09	09-	19+							
			10	10+								
			11	11-								

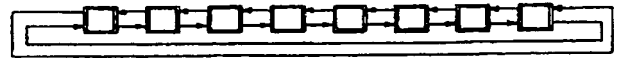
【図 6】

IDXPTSO								IDXPTSR			IDXPTSD		
ee	ADPT	SQPT	ee	(d)	(e)	(f)	(g)	ee	ADPT	SQPT	ee	ADPT	SQPT
00	01	04	01	01-	05-			00	01	04	00	16	03
01	06	04	02	02-	10-			01	08	02	01	21	03
02	11	02	03	03-	13-			02	-01	00	02	24	01
03	-01	00	04	04-	14-			03	06	02	03	-01	00
04	05	01	05	06+	15-			04	11	02			
05	10	01	06	07+	16+	22+	25	05	-01	00			
06	13	06	07	08-	17+	23+		06	05	01			
07	19	07	08	09-	18+	24+		07	10	01			
08	-01	00	09	11+	19-			08	13	03			
			10	12+	20-			09	19	02			
			11		21+			10	25	01			
								11	-01	00			

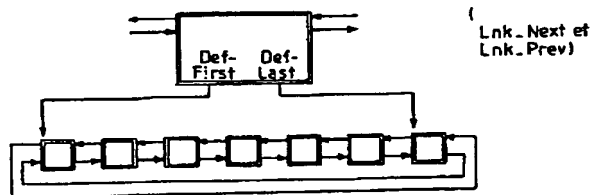
【図 7】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

庁内整理番号
8837-5L

F I

G 0 6 F 15/70

技術表示箇所

3 3 0 Z